

IAP8 Rec'd PCT/PTO 09 DEC 2005

Détermination de la position angulaire absolue d'un volant par mesure incrémentale et mesure de la vitesse différentielle des roues.

5

L'invention concerne un système de détermination de la position angulaire absolue du volant de direction d'un véhicule automobile par rapport au châssis dudit véhicule, ainsi qu'un procédé d'utilisation d'un tel système.

- 10 Dans de nombreuses applications, notamment telles que les systèmes de contrôle de trajectoire ou les systèmes de direction assistée électrique, il est nécessaire de connaître la position angulaire absolue du volant de direction par rapport au châssis.
- 15 On entend par position angulaire absolue l'angle séparant la position du volant à un instant donné, d'une position de référence, cette position de référence étant fixe et donnée par rapport au châssis.

Par opposition, la position angulaire relative est l'angle séparant la position du volant d'une position initiale quelconque et variable par rapport au châssis.

Pour déterminer la position angulaire absolue du volant de direction, il est connu d'utiliser la mesure de la vitesse différentielle des roues d'un même essieu. En effet, il est possible d'établir une relation bijective entre cette vitesse différentielle et la position angulaire puisque, lorsque le véhicule est inscrit dans une trajectoire, rectiligne ou curviligne, chacune des roues a une trajectoire dont le centre de courbure est identique. Un des problèmes qui se pose est que cette stratégie de détermination ne permet d'estimer la position angulaire absolue qu'avec une précision médiocre, pouvant aller jusqu'à +/- 50°, ladite précision dépendant en outre des conditions de roulage du véhicule.

Par ailleurs, on connaît des dispositifs de mesure incrémentale de la position angulaire du volant qui permettent d'obtenir la position angulaire relative du volant avec une grande précision. Toutefois, pour obtenir la position angulaire

absolue, il est alors nécessaire de prévoir la détermination d'au moins une position angulaire de référence. Une telle stratégie est par exemple décrite dans le document EP-1 167 927. Une limitation de tels dispositifs est que la détection de la position angulaire de référence n'est possible qu'une seule fois par tour, ce 5 qui, dans certaines conditions de roulage, peut conduire à une détermination de la position angulaire absolue qu'après un temps, et donc une distance parcourue par le véhicule, non négligeable.

L'invention vise à résoudre ces problèmes en proposant un système de 10 détermination de la position angulaire absolue du volant qui permet, autour des positions angulaires relatives mesurées, de faire une moyenne mobile point à point des estimations de positions angulaires absolues qui sont issues de la mesure de la vitesse différentielle des roues, ladite moyenne étant utilisée pour recalculer une position angulaire relative de sorte à obtenir la position angulaire 15 absolue correspondante.

A cet effet, et selon un premier aspect, l'invention propose un système de détermination de la position angulaire absolue θ du volant de direction d'un véhicule automobile par rapport au châssis dudit véhicule, ledit système 20 comprenant :

- un dispositif de mesure incrémentale de la position angulaire relative δ du volant, comprenant :
 - un codeur destiné à être mis en rotation conjointement au volant, ledit codeur comprenant une piste multipolaire principale ;
 - un capteur fixe disposé en regard et à distance d'entrefer du codeur, comprenant au moins deux éléments sensibles positionnés en regard de la piste principale de sorte à délivrer deux signaux électriques S1, S2 périodiques en quadrature, le capteur comprenant un circuit électronique apte, à partir des signaux S1, S2, à délivrer la position angulaire relative δ 25 du volant ;
- un dispositif de mesure de la vitesse différentielle $\Delta V/V$ des roues d'un même essieu ;

- un dispositif de traitement apte à échantillonner avec une période t les positions angulaires $\delta(t_i)$ et les vitesses différentielles $\Delta V/V(t_i)$, ledit dispositif comprenant des moyens de calcul aptes, à des instants t_n , à :
 - déterminer une estimation $\theta^*(t_n)$ de la position angulaire absolue $\theta(t_n)$ en fonction de la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_n)$;
 - déterminer la différence moyenne offset(t_n) entre les positions angulaires $\theta^*(t_i)$ et $\delta(t_i)$, i variant de 0 à n ;
 - déterminer la position angulaire absolue $\theta(t_n)$ par addition entre la différence moyenne offset(t_n) et la position angulaire $\delta(t_n)$.

10

Selon un deuxième aspect, l'invention propose un procédé de détermination de la position angulaire θ au moyen d'un tel système, ledit procédé comprenant les étapes itératives prévoyant de :

- mesurer la position angulaire $\delta(t_n)$ et la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_n)$;
- 15 - déterminer une estimation $\theta^*(t_n)$ de la position angulaire absolue $\theta(t_n)$ en fonction de la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_n)$;
- déterminer la différence de la moyenne des vecteurs $\hat{\theta}^*(t_n) = [\theta^*(t_0), \dots, \theta^*(t_n)]$ et $\hat{\delta}(t_n) = [\delta(t_0), \dots, \delta(t_n)]$ de sorte à obtenir la différence moyenne offset(t_n) ;
- déterminer la position angulaire absolue $\theta(t_n)$ par addition entre la différence moyenne offset(t_n) et la position angulaire $\delta(t_n)$.

D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui suit, faite en référence au dessin annexé qui est une vue schématique et partielle d'un ensemble de direction pour véhicule automobile, 25 qui est équipé d'un système de détermination de la position angulaire absolue du volant.

L'invention concerne un système de détermination de la position angulaire absolue θ du volant de direction 1 d'un véhicule automobile par rapport au châssis dudit véhicule. Dans un exemple particulier, cette position est destinée à être utilisée dans des systèmes de contrôle de trajectoire du véhicule ou des systèmes d'assistance de la direction.

Le système comprend un dispositif de mesure 2 de la vitesse différentielle $\Delta V/V$ des roues d'un même essieu du véhicule et un dispositif de mesure incrémentale de la position angulaire relative δ du volant 1.

5

En relation avec la figure, on décrit un tel système monté dans un ensemble de direction comprenant une colonne de direction 3 sur lequel est associée le volant de direction 1 par l'intermédiaire duquel le conducteur applique un couple et donc un angle de braquage. Par ailleurs, la colonne 3 est agencée pour 10 transmettre cet angle de braquage aux roues de direction du véhicule. A cet effet, les roues peuvent être associées mécaniquement à la colonne 3 par l'intermédiaire d'un pignon de crémaillère et d'une crémaillère afin de transformer le mouvement de rotation de la colonne 3 en déplacement angulaire des roues, ou être découplées de la colonne 3. Le système de direction 15 comprend en outre un élément fixe 4 qui est solidaire du châssis du véhicule automobile.

Le volant 1 est agencé pour pouvoir effectuer une pluralité de tours, typiquement deux, de chaque côté de la position dans laquelle les roues sont 20 droites.

Le dispositif de mesure incrémentale représenté sur la figure comprend un codeur 5 qui est solidaire en rotation de la colonne 3 et un capteur fixe 6 associé sur l'élément 4 de sorte que les éléments sensibles dudit capteur soient 25 disposés en regard et à distance d'entrefer du codeur 5. Le système selon l'invention permet de déterminer la position angulaire absolue du codeur 5, et donc du volant 1, par rapport à l'élément fixe 4, et donc au châssis.

Le codeur 5 comprend une piste multipolaire principale. Dans un exemple 30 particulier, le codeur 5 est formé d'un anneau magnétique multipolaire sur lequel est aimantée une pluralité de paires de pôles Nord et Sud équiréparties avec une largeur angulaire constante de sorte à former la piste principale.

Par ailleurs, le capteur 6 comprend au moins deux éléments sensibles, par exemple choisis dans le groupe comprenant les sondes à effet Hall, les magnétorésistances, les magnétorésistances géantes.

- 5 Le capteur 6 utilisé est apte à délivrer deux signaux électriques S1, S2 périodiques en quadrature par l'intermédiaire des éléments sensibles.

Le principe d'obtention des signaux S1 et S2 à partir d'une pluralité d'éléments sensibles alignés est par exemple décrit dans le document FR-2 792 403 issu
10 de la demanderesse. Mais des capteurs 6 comprenant deux éléments sensibles qui sont aptes à délivrer les signaux S1 et S2 sont également connus.

Le capteur comprend en outre un circuit électronique 7 qui, à partir des signaux S1, S2, délivre des signaux numériques de position A, B carrés en quadrature qui
15 permettent de calculer la position angulaire relative δ du volant 1. En particulier, le circuit électronique 7 comprend des moyens de comptage aptes à déterminer, à partir d'une position initiale, les variations de la position angulaire du codeur 5. Dans un exemple de réalisation, les moyens de comptage comprennent un registre dans lequel la valeur de la position angulaire est incrémentée ou
20 décrémentée d'une valeur angulaire correspondant au nombre de fronts des signaux A, B qui sont détectés, la valeur initiale étant par exemple fixée à zéro lors de la mise en service du dispositif. Ainsi, le circuit électronique 7 permet de connaître la position relative du codeur 5 par rapport à la position initiale.

25 Suivant une réalisation, le circuit électronique 7 comprend en outre un interpolateur, par exemple du type décrit dans le document FR-2 754 063 issu de la demanderesse, permettant d'augmenter la résolution des signaux de sortie. En particulier, une résolution de la position angulaire δ inférieure à 1° peut être obtenue.

30

Le capteur 6 avec son circuit électronique 7 peut être intégré en partie ou totalement sur un substrat en silicium ou équivalent par exemple AsGa, de sorte à former un circuit intégré et personnalisé pour une application spécifique, circuit

parfois désigné sous le terme ASIC pour faire référence au circuit intégré conçu partiellement ou complètement en fonction des besoins.

Bien que la description soit faite en relation avec un ensemble codeur/capteur magnétique, il est également possible de mettre en œuvre l'invention de façon analogue en utilisant une technologie de type optique. Par exemple, le codeur 5 peut être formé d'une cible en métal ou en verre sur laquelle la piste principale est gravée de sorte à former un motif optique analogue au motif magnétique multipolaire exposé ci-dessus, les éléments sensibles étant alors formés de 10 détecteurs optiques.

Le dispositif de mesure 2 de la vitesse différentielle $\Delta V/V$ est alimenté avec respectivement les vitesses des roues gauche V_g et droite V_d d'un même essieu et comprend des moyens de calcul agencés pour fournir ladite vitesse 15 différentielle.

Le système de détermination comprend en outre un dispositif de traitement 8 apte à échantillonner avec une période t les positions angulaires $\delta(t_i)$ et les vitesses différentielles $\Delta V/V(t_i)$. Le dispositif de traitement comprend en outre 20 des moyens de calcul apte, à des instants t_n , à :

- déterminer une estimation $\theta^*(t_n)$ de la position angulaire absolue $\theta(t_n)$ en fonction de la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_n)$;
- déterminer la différence moyenne offset(t_n) entre les positions angulaires $\theta^*(t_i)$ et $\delta(t_i)$, i variant de 0 à n ;
- déterminer la position angulaire absolue $\theta(t_n)$ par addition entre la différence moyenne offset(t_n) et la position angulaire $\delta(t_n)$.

On décrit ci-dessous un mode de mise en œuvre d'un système de détermination selon l'invention dans lequel on échantillonne la position angulaire $\delta(t_i)$ et la 30 vitesse différentielle $\Delta V/V(t_i)$ par exemple avec une période de l'ordre de 1 ms.

Pour chaque mesure de la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_i)$, on détermine par le calcul une estimation $\theta^*(t_i)$ de la position angulaire $\theta(t_i)$. Dans l'hypothèse où le

- glissement entre le sol et les roues est négligeable, il existe une relation bijective entre la position angulaire $\theta^*(t_i)$ et la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_i)$. Ce glissement est particulièrement négligeable lorsque la mesure de la vitesse différentielle est effectuée sur les roues non motrices, mais également sur les
- 5 roues motrices lorsque l'adhérence est normale. Selon une réalisation, la relation est identifiée à l'aide de mesures réalisées sur le véhicule dans des conditions optimales qui peuvent comprendre :
- évolution du véhicule sur une aire plane ;
 - vitesse du véhicule stabilisée ;
- 10 - rotation lente du volant ;
- pression des pneus nominale ;
 - sol sec.

Dans ces conditions, on peut établir la relation polynomiale, par exemple d'ordre

15 trois, qui permet d'estimer la position angulaire $\theta(t_i)$ en fonction de la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_i)$. Par utilisation de cette relation dans le dispositif de traitement 8, on peut donc obtenir à chaque instant l'estimation $\theta^*(t_i)$ de la position angulaire $\theta(t_i)$ en fonction de la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_i)$ mesurée.

20 La position angulaire incrémentale $\delta(t_i)$ permet de connaître les variations de la position angulaire $\theta(t_i)$ au cours du temps, mais elle est décalée d'une valeur offset constante par rapport à ladite position angulaire absolue.

Le procédé selon l'invention propose de calculer cette valeur en prévoyant, par

25 exemple à chaque instant t_n , de déterminer la différence de la moyenne des vecteurs $\hat{\theta}^*(t_n) = [\theta^*(t_0), \dots, \theta^*(t_n)]$ et $\hat{\delta}(t_n) = [\delta(t_0), \dots, \delta(t_n)]$ de sorte à obtenir la différence moyenne $\text{offset}(t_n)$. En effet, la valeur $\text{offset}(t_n)$ correspond alors au minimum de la fonction de coût $\hat{\theta}(t_n) - \hat{\delta}(t_n) - \text{offset} * I_n$, I_n étant la matrice identité de dimension n .

30

Ainsi, le procédé prévoit d'utiliser l'ensemble des valeurs $\theta^*(t_i)$ et $\delta(t_i)$ de façon statistique de sorte à améliorer continument la précision de la moyenne $\text{offset}(t_n)$ puisque le nombre de valeurs utilisées augmente avec le temps. En outre,

l'ensemble des perturbations affectant le calcul des estimations $\theta^*(t)$, par exemple telles que les défauts de planéité du sol, pouvant être supposé centré sur zéro, le calcul statistique proposé permet de converger rapidement vers la valeur offset recherchée.

5

Par conséquent, par addition entre la différence moyenne offset(t_n) et la position angulaire $\delta(t_n)$, le dispositif de traitement 8 permet de délivrer la position angulaire absolue $\theta(t_n)$ de façon itérative, en s'affranchissant pour une grande part des défauts de la zone de roulage.

10

Selon une réalisation, la précision de la détermination de la position angulaire absolue peut être améliorée en prévoyant de mettre en œuvre le procédé dans des conditions de roulage déterminées. Par exemple, les conditions de roulage peuvent comprendre une vitesse de rotation maximale du volant de sorte à limiter les perturbations liées au délai d'inscription du véhicule dans la trajectoire et/ou une vitesse minimale du véhicule pour permettre d'améliorer la finesse des estimations. Dans un exemple numérique, la limite de vitesse du véhicule peut être fixée à 5 km/h et celle de la vitesse du volant à 20°/s. Ainsi, si ces conditions sont remplies pendant au moins 2 secondes, pas nécessairement consécutives, on peut obtenir la position angulaire absolue du volant avec une précision typique de l'ordre de +/- 5°. Cette précision peut donc être obtenue au bout de 25 m de roulage et peut s'établir à +/- 2° au bout de 50 m de roulage.

25

Par ailleurs, le système de détermination permet de s'affranchir des défauts d'indexation mécanique entre le codeur 5 et le volant 1 puisque ceux-ci sont corrigés lors du calcul de la valeur offset.

REVENDICATIONS

1. Système de détermination de la position angulaire absolue θ du volant de direction (1) d'un véhicule automobile par rapport au châssis dudit véhicule, ledit système comprenant :
 - un dispositif de mesure incrémentale de la position angulaire relative δ du volant, comprenant :
 - un codeur (5) destiné à être mis en rotation conjointement au volant (1), ledit codeur comprenant une piste multipolaire principale ;
 - un capteur fixe (6) disposé en regard et à distance d'entrefer du codeur (5), comprenant au moins deux éléments sensibles positionnés en regard de la piste principale de sorte à délivrer deux signaux électriques S1, S2 périodiques en quadrature, le capteur (6) comprenant un circuit électronique (7) apte, à partir des signaux S1, S2, à délivrer la position angulaire relative δ du volant (1). ;
 - un dispositif de mesure (2) de la vitesse différentielle $\Delta V/V$ des roues d'un même essieu ;
 - un dispositif de traitement (8) apte à échantillonner avec une période t les positions angulaires $\delta(t_i)$ et les vitesses différentielles $\Delta V/V(t_i)$, ledit dispositif comprenant des moyens de calcul aptes, à des instants t_n , à :
 - déterminer une estimation $\theta^*(t_n)$ de la position angulaire absolue $\theta(t_n)$ en fonction de la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_n)$;
 - déterminer la différence moyenne offset(t_n) entre les positions angulaires $\theta^*(t_i)$ et $\delta(t_i)$, i variant de 0 à n ;
 - déterminer la position angulaire absolue $\theta(t_n)$ par addition entre la différence moyenne offset(t_n) et la position angulaire $\delta(t_n)$.
2. Système selon la revendication 1, caractérisé en ce que la piste multipolaire est formée d'un anneau magnétique sur lequel est aimanté des pôles Nord et Sud équirépartis avec une largeur angulaire constante.

3. Système selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le circuit électronique (7) comprend un interpolateur permettant d'augmenter la résolution des signaux de sortie.
- 5 4. Procédé de détermination de la position angulaire θ au moyen d'un système selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, ledit procédé comprenant les étapes itératives prévoyant de :
- mesurer la position angulaire $\delta(t_n)$ et la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_n)$;
 - déterminer une estimation $\theta^*(t_n)$ de la position angulaire absolue $\theta(t_n)$ en fonction de la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_n)$;
 - 10 - déterminer la différence de la moyenne des vecteurs $\hat{\theta}^*(t_n) = [\theta^*(t_o), \dots, \theta^*(t_n)]$ et $\hat{\delta}(t_n) = [\delta(t_o), \dots, \delta(t_n)]$ de sorte à obtenir la différence moyenne offset(t_n) ;
 - déterminer la position angulaire absolue $\theta(t_n)$ par addition entre la différence moyenne offset(t_n) et la position angulaire $\delta(t_n)$.
- 15 5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la mesure de la vitesse différentielle $\Delta V/V(t_n)$ est effectuée sur les roues non motrices.
6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce qu'il est mis en œuvre dans des conditions de roulage déterminées.
- 20 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que les conditions de roulage comprennent une vitesse maximale de rotation du volant et/ou une vitesse minimale du véhicule.